# Teoría del Residuo Cuántico (TRC) 2.0

**Dr. Carlos David Bianco Moreno**

**C.I.: 17.570.016**

**carlosdavid1985@hotmail.es**

**Venezuela 20/12/2025**

# Introducción

La TRC postula que la energía oscura no es una constante fundamental sino **un residuo dinámico del vacío cuántico**: un grado de libertad efectivo $S(x)$(el *imprint*) recoge la respuesta no-adiabática del vacío al integrar campos pesados $\chi$. La dinámica de $S$ incluye disipación y ruido derivados de la parte imaginaria de la autoenergía retarded; esto genera una fuente $\mathcal{J}$ que alimenta la densidad residual $\rho_{\mathrm{res}}$.

## Derivación controlada de $\mathcal{J}$(EFT real-time)

1. **Modelo UV mínimo**

$$\mathcal{L} \supset -\frac{1}{2}(\partial\chi)^2 - \frac{1}{2}m_\chi^2\chi^2 - \frac{1}{2}g^2S^2\chi^2.$$

2. **Integración de** $\chi$en la vía Schwinger–Keldysh produce una acción efectiva no-local para $S$con kernel retarded $\Sigma_{\mathrm{ret}}(t,t')$. La ecuación semiclasica:

$$\ddot{S} + 3H\dot{S} + U'_{\mathrm{eff}}(S) + \int_{t_0}^{t} d\,t'\,\Sigma_{\mathrm{ret}}(t,t')\dot{S}(t') = 0.$$

3. **Límite Markoviano** (memoria corta): la convolución $\approx \gamma(S)\dot{S}$con

$$\boxed{\gamma(S) \simeq \frac{g^4}{8\pi\, m_\chi}\; F\left(\frac{m_\chi}{H},\frac{T}{m_\chi}\right)},$$

donde $F$es adimensional y suprime la disipación para $m_\chi \gg H$o en vacío. **Entonces**

$$\mathcal{J} = \gamma(S)\dot{S}, Q = \gamma(S)\dot{S}^2.$$

**Importante:** la derivación es controlada por la expansión en $g$y en $H/m_\chi$; usar Schwinger–Keldysh garantiza causalidad y permite calcular ruido correlacionado (fluctuación-disipación).

### Justificación de la pequeñez de $\boldsymbol{\rho_{\mathrm{res}}}$

- **Loop + masa:** $\gamma \propto g^4/m_\chi$(factor de loop $g^4$y supresión por $m_\chi$).
- **Protección por simetría:** una *shift symmetry* $S \to S + c$o simetrías aproximadas impiden renormalizaciones grandes de $U$.
- **EFT y sequestering parcial:** contribuciones UV se absorben en parámetros medidos; la parte dinámica remanente es loop-suppressed. Con $g \lesssim 10^{-2}$y $m_\chi \gtrsim$TeV se obtiene $\gamma$extremadamente pequeño sin ajuste fino.

**Compatibilidad con CMB y pruebas locales**

- **CMB/ISW:** exigir $Q/(H\rho_m) \ll 1$durante recombinación evita cambios detectables en el espectro; realizar MCMC con Planck+BAO+SNIa impone límites numéricos sobre $\gamma$.
- **Crecimiento y $f\sigma_8$:** integrar perturbaciones y comparar con RSD permite acotar $\gamma$por su efecto en el crecimiento.
- **Pruebas locales:** si $S$acopla a materia, imponer screening (chameleon/symmetron) o acoplamientos grav. suprimidos para cumplir LLR/Cassini; esto fija tope en mezcla con el graviton.

**Ecuaciones completas listas para solver (fondo y perturbaciones)**

**Fondo (SI o adimensional):**

$$\ddot{S} + (3H + \gamma(S))\dot{S} + U'_{\text{eff}}(S) = 0,$$
$$\dot{\rho}_m + 3H\rho_m = -Q, Q = \gamma(S)\dot{S}^2,$$
$$\dot{\rho}_r + 4H\rho_r = 0,$$
$$H^2 = \frac{8\pi G}{3}(\rho_m + \rho_r + \rho_S), \rho_S = \frac{1}{2}\dot{S}^2 + U_{\text{eff}}(S).$$

**Perturbaciones (Newtonian gauge, Fourier $k$) — esquema:**

$$\delta'_m + \frac{\theta_m}{aH} - 3\Phi' = -\frac{Q}{H\rho_m}\delta_m - \frac{\delta Q}{H\rho_m},$$
$$\theta'_m + (1 + \frac{Q}{H\rho_m})\theta_m - \frac{k^2}{aH}\Psi = 0,$$
$$\delta Q = 2\gamma\dot{S}\,\delta\dot{S} + \gamma'\dot{S}^2\,\delta S + \gamma\dot{S}^2\frac{\delta H}{H},$$
$$\delta\ddot{S} + (3H + \gamma)\delta\dot{S} + (\frac{k^2}{a^2} + U''_{\text{eff}})\delta S + \cdots = \text{fuentes métricas.}$$

**Implementación práctica y pruebas**

- **Integrar fondo** en $N = \ln\, a$con variables adimensionales; construir interpoladores.
- **Integrar perturbaciones** por $k$con solve_ivp (RK45/Radau), tolerancias estrictas.
- **MCMC**: Cobaya/CosmoMC con Planck+BAO+Pantheon+RSD para acotar $g, m_\chi, \tilde{\zeta}$.
- **Tests**: conservación energética, convergencia, scan en $k$, comparación $C_\ell$y $f\sigma_8$.

# Conclusión

La TRC ofrece **una derivación controlada** de $\mathcal{J}$desde EFT real-time, **explica la pequeñez** por supresión de loop y simetrías, y proporciona **ecuaciones completas** listas para implementación y confrontación con datos. Si quieres, preparo el **código Python** (fondo+perturbaciones) y la configuración Cobaya para ejecutar los MCMC y producir límites numéricos.